TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Prof. Roland Netz
Lehrstuhl Weiche Materie T37
netz@ph.tum.de

Mechanik der Kontinua
Blatt 9 - Reynoldszahlen und Viskosität

http://www.physik.tu-muenchen.de/lehrstuehle/T37/teaching.html

Ausgabe 08.12.08

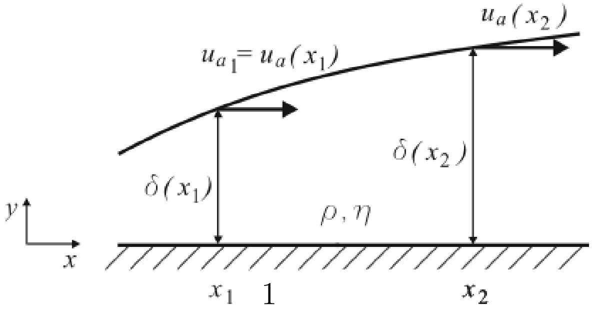
1. Hydrodynamische Ähnlichkeit: Berechnen Sie den Anteil am Widerstand für Kugeln mit unterschiedlichem Durchmesser und gleichen Reynoldszahlen, wenn die erste Kugel von Luft und die zweite von Wasser umströmt wird. Der Widerstandskoeffizient ist nur eine Funktion der Reynoldszahl.

$$\frac{\rho_L}{\rho_W} = 0,125 \cdot 10^{-2}, \qquad \frac{\eta_L}{\eta_W} = 1,875 \cdot 10^{-2}$$

wobei ρ_L, ρ_W, und η_L, η_W die Dichten und Viskositäten von Luft und Wasser sind.

2. Platten und Widerstand: Zwei unterschiedliche, rechteckige Platten mit Länge $L_1 = 1m$ und $L_2 = 0,5m$ weden von einer inkompressiblen Flüssigkeite umströmt. Die kinematische Viskosität ist $\nu = 10^{-6} m^2/sec$. Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Flüssigkeit für Platte 2, wenn die Geschwindigkeit der Flüssigkeit, die Platte 1 umströmt, $u_\infty = 0,196 m/sec$ ist. Bestimmen Sie den Anteil am Widerstand für diese Platten für (a) $u_\infty = 0,4 m/sec$, (b) $u_\infty = 0,8 m/sec$, und (c) $u_\infty = 1,6 m/sec$ [Der Widerstandskoeffizient ist durch $c_w = \frac{0,074}{Re_L^{1/5}} - \frac{1700}{Re_L}$, für $5 \cdot 10^5 < Re_L < 10^7$ gegeben. $Re_L = \frac{uL}{\nu}$ ist die Reynoldszahl für eine gegebene Länge L.]

3. Platte und Adhäsionskraft: Der Raum zwischen einer Platte mit Radius R und einer festen Ebene ist mit einer inkompressiblen Flüssigkeit gefüllt. Zeigen Sie, dass die Kraft, die benötigt wird, um die Platte mit konstanter Geschwindigkeit $\frac{dh}{dt} = U$ von der Ebene abzuziehen durch $F = \frac{3\pi}{2}\frac{\eta R^4}{h^3} U$ gegeben ist. Verwenden Sie die Gleichungen für die Dünnfilm Strömung ($\nabla_i p = \nabla_3^2 v_i$, $(i = 1,2,3)$; $\nabla_i v_i = 0$) in Zylinderkoordinaten mit den Randbendingungen $v_z(z=0) = 0$, $v_z(z = h(t)) = U$ und $p(r = R) = p_0$, wobei p_0 den Luftdruck bezeichnet.



1

4. Oszilliernde Platte: Betrachten Sie eine unendlich ausgedehnte Platte bei $y = 0$, die mit der Geschwindigkeit $U cos(\omega t)$ entlang der x-Richtung oszilliert.

(a) Erklären Sie, warum die Lösung in der Form $v = (v(y,t), 0, 0)$ geschrieben werden kann, und warum die Navier-Stokes Gleichung die Form

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}$$

annimmt.

(b) Zeigen Sie, dass

$$v(y,t) = U e^{-ky} cos(ky - \omega t)$$

wobei $k = \sqrt{\frac{\omega}{2\nu}}$. Verwenden Sie dazu den Ansatz $v = Re(f(y)e^{i\omega t}) = f(y)cos(\omega t)$. Nehmen Sie no-slip Randbedingungen auf der Oberfläche der Platte und $v = 0$ bei $y \to \infty$ an.